

欧洲跨国电力市场的输电机制与耦合方式

陈启鑫^{1*}, 张维静¹, 滕飞², 郭鸿业¹, 刘学¹, 姜楠¹, Goran Strbac²

(1. 清华大学电机系, 北京市 海淀区 100084)

2. 帝国理工学院, 英国 伦敦市 SW7 2AZ)

Transmission Mechanisms and Coupling Approaches in European Transnational Electricity Markets

CHEN Qixin^{1*}, ZHANG Weijing¹, TENG Fei², GUO Hongye¹, LIU Xue¹, JIANG Nan¹, Goran Strbac²

(1. Dept. of Electrical Engineering, Tsinghua University, Haidian District, Beijing 100084, China;

2. Imperial College London, London SW7 2AZ, UK)

Abstract: China's electricity market reform has achieved its initial results. However, realistic contradictions such as uneven distributions of resources and difficulties in consuming clean energy need to be resolved urgently through a wider range of optimal resource allocation. It is important to learn from and refer to the operational experience of the European transnational electricity market as a next step in building a unified electricity market in China. First, considering the problems faced when promoting a unified power market in China, including the allocation of cross-provincial and regional channel capacity, the recovery of transmission costs, and the connection of domestic and provincial transactions, the transmission management mechanism and market coupling mechanism of the European transnational power market are specifically studied. Second, the trading process and trading convergence of the coupled market are described using the European Power Exchange (EPEX SPOT) as an example. Finally, suggestions and recommendations are provided to promote a unified power market, considering the current power grid and actual market operation in China.

Keywords: electricity market; market coupling; transmission mechanism; trading connectivity

摘要: 中国电力市场改革已经取得初步成效, 但发电侧市场集中度大、清洁能源消纳困难等现实矛盾亟待通过更大范围的资源优化配置解决, 借鉴和参考欧洲跨国电力市场的运行经验对于中国下一步建设统一电力市场具有重要意义。首

先, 面向中国推进统一电力市场所面临的跨省区通道容量如何分配、输电成本如何回收以及省内外交易如何衔接等问题, 针对性地研究了欧洲跨国电力市场的输电管理机制及市场耦合机制。其次, 以欧洲电力交易所EPEX SPOT为例, 描述了耦合市场的交易流程和交易衔接方式。最后, 结合中国当前电网建设背景及市场运行实际, 基于欧洲跨国电力市场运行经验, 提出推进统一电力市场的意见和建议。

关键词: 电力市场; 市场耦合; 输电机制; 交易衔接

0 引言

中国新一轮电力体制改革以各省的市场建设为起步, 推动构建“中长期交易为主, 日前短期交易为补充”的市场体系。2019年9月以来, 8个现货市场试点单位已相继开展了结算试运行。未来, 随着经营性电量的进一步放开, 以省为实体的市场格局, 其弊端将逐渐显现, 例如省内供给侧市场集中度大、省间市场出现交易壁垒、清洁能源难以在更大范围消纳等^[1]。为了充分发挥电力市场的资源优化配置功能, 建设的全国统一电力市场将成为未来市场化改革的发展愿景。

目前中国正在加强建设跨省区输电网, 依据“十三五”规划, 国家电网区域即将完成“五纵五横一环网”建设, 预计2025年、2035年将可分别达到跨省区输电能力3.6亿kW与6亿kW的规模。如何充分发挥跨省跨区大电网对于电力资源优化配置的支撑作用、合理回收输电建设成本, 也是未来电力市场建设的重要议题。尽管本轮电改已初步完成了省级电网输配电定价与跨区跨省专项工程的输电定价工作, 但并未从市场融合发展的角度深入探讨跨区跨省输电机制

基金项目: 国家自然科学基金国际(地区)合作研究项目(71961137004); 清华大学自主科研计划资助(20193080026)。

International (Regional) Joint Research Project of National Natural Science Foundation of China (No. 71961137004); Tsinghua University Initiative Scientific Research Program (20193080026).

与全国统一电力市场建设的关系,没有解决影响市场融合的一系列关键问题,包括省间输电通道的容量分配机制、输电成本回收机制、省间与省内交易的协调机制等关键问题。

在电力市场的融合与统一运行方面,国际上已有先例。欧洲跨国电力市场即实现了从多个国家/区域市场到统一运行的发展历程。市场融合自1986年开始,初期曾因电力交易不协同、输电容量计算死板等问题受挫^[2],为实现输电容量的公平分配、提升市场运行效率,市场先后发布了3次电力改革法案,并提出了容量分配法规(capacity allocation and congestion management, CACM),确定了市场改革的路径和办法^[3],截至目前欧洲电力市场已完成日前25个国家、日内14个国家的统一运行^[4]。全球学者对欧洲跨国市场已开展了丰富的研究工作,主要侧重于关注市场建设的进展与运行结果等表层信息,对支撑统一市场融合的输电机制与交易耦合等关键问题分析较少,尤其没能从改革路径及适用情况的角度进行深入探讨,难以对中国统一电力市场的机制设计提供参考。文献[5]结合欧洲跨国市场改革历程,总结了通过立法引导改革的市场建设思路,但缺少对统一市场组织机制的描述。文献[6]从宏观上介绍了欧洲跨国市场统一过程中遇到的问题及解决方式,并基于中国统一电力市场建设的政治背景、技术条件、市场驱动力、组织机构与电网架构的大环境,提出了规范化、市场化的顶层设计方案,但缺乏对于市场建设方案执行落地的阐述。文献[2]与[7]介绍了截至2019年底欧洲跨国市场的结构框架,主要侧重于介绍市场运行机构及职能、市场分布、交易模式等。文献[8]介绍了欧洲跨国市场在国内与跨国之间的耦合方式,但是没有对具体交易品种的开展方式进行深入分析。

综上所述,本文将结合中国建设统一电力市场的愿景,重点研究欧洲跨国市场建设中的输电机制与交易耦合方式,并以欧洲电力交易中心EPEX SPOT为例详细论述跨国市场与国内不同交易品种之间的衔接机制;借鉴欧洲跨国市场建设的经验,总结高效、规范、配套、兼容的市场耦合及输电机制设计对中国建设统一电力市场的启示。

1 欧洲跨国电力市场的市场构成

欧洲跨国电力市场是通过跨国输电网的运营及市场联合出清将多个国家的电力市场联结在一起。截至

2019年,欧盟电力系统已覆盖36个国家及43个输电网运营商(transmission system operator, TSO)^[6],基本建成了从年度到实时的跨国市场运行,市场框架如图1所示,包括跨国中长期市场、日前耦合市场、日内耦合市场以及跨国平衡市场。

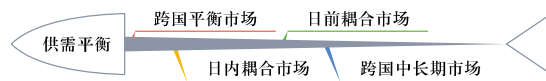


图1 欧洲跨国电力市场框架

Fig. 1 Transactional framework for European cross-border electricity markets

1.1 跨国中长期市场

跨国中长期市场主要形成跨国双边合约,由交易双方自行签约并依据合约电量购买相应的物理输电权以保证合约的顺利执行。交易成功后,由市场主体申报合约信息至本国交易中心备案。

1.2 日前耦合市场

日前耦合市场是由市场运营机构利用价格耦合机制(price coupling of regions, PCR)^[4],将多个国家的市场供需及跨国输电容量联合出清,形成次日各国发用电计划及相应跨国输电容量的过程。市场耦合将基于全网联合运行的基础开展,统筹跨国输电通道容量;若由于电网结构或技术原因导致部分国家脱离统一市场,则脱离区域将执行本地单独交易出清,其中北欧区域继续组织北欧市场的耦合出清,出清结果作为日前耦合市场的结算和执行依据。

1.3 日内耦合市场

日内耦合市场通过连续交易的形式,撮合最高的买入价和最低的卖出价为交易对,并自动匹配交易对所需的输电容量。市场通过连续交易可随时调剂各国的市场供需,尤其针对日内市场有供需余缺的国家或地区,通过更大范围的日内耦合市场可有效地降低当地市场平衡调度费用,降低用电成本。日内耦合市场也称XBID(the cross-border intraday initiative)计划,由各国TSO联合提出并于2018年6月投运,目前先在奥地利等14个国家运行^[9]。

1.4 跨国平衡市场

跨国平衡市场由各国TSO组成的输电网运营商网络(european network of transmission system operators

for electricity, ENTSO-E) 组织运营, 其核心在于推动各国通过交换平衡能力以降低本地调度成本, 提升系统运行的经济性。目前跨国平衡市场已实现了在德国、荷兰等国的一次调频备用容量共享, 以及7个跨国试点项目的运行, 并在逐步扩展运行范围, 以期达到更大范围的资源优化配置^[10]。

2 欧洲跨国电力市场的输电机制

2.1 跨国输电容量分配机制

跨国输电容量的分配机制是保障跨国市场竞争公平、提升市场运行效率、促进资源优化配置的关键内在机制。随着欧洲跨国电力市场的建设进程, 其输电容量分配方式先后经历了“先到先得 (first come, first serve)”、“显式拍卖 (explicit auctions)”、“隐式拍卖 (implicit allocation)” 3个阶段。

在市场建设初期, 采用“先到先得”的机制。“先到先得”是指TSO根据固定价格表出售容量合同, 按照市场申报时序依次出清输电容量的交易机制。该机制的优点是交易明确、操作简单, 在市场建设初期适用性强, 但随着市场耦合范围逐步扩大, 该机制无法激发和反映输电资源的市场价值, 还可能导致市场主体“囤积”容量, 引发新的市场问题, 因此逐步被“显式拍卖”所取代。

在市场建设中期, 采用“显式拍卖”的机制。“显式拍卖”单独对跨国输电容量进行拍卖, 按照市场报价由高到低排序, 并以边际电价出清^[11]。“显式拍卖”由输电容量交易机构JAO (joint allocation office) 组织, 可在年、季、月、日前、日内等不同时序进行拍卖, 交易方式灵活, 相较于“先到先得”, “显式拍卖”更能体现输电容量的市场价值。但是“显式拍卖”将能量交易与输电容量交易人为割裂, 一是可能出现购买容量与实际传输容量需求不匹配或是购买容量方向与实际潮流方向相反的情况, 导致交易无法准确执行; 二是割裂的交易机制所形成的价格信号, 无法及时传递给能量市场并反馈修正。因此, 随着跨国市场的耦合, “显式拍卖”更多被应用于中长期市场, 在日前及日内耦合市场中只有部分地区 (瑞士边境和爱尔兰互联地区) 由于尚未实现耦合, 依然采取“显式拍卖”机制。

随着市场建设逐渐成熟, 当前主要采用了“隐式拍卖”的机制。“隐式拍卖”将跨国输电通道容量与跨国能量交易进行统一优化出清。在“隐式拍卖”

中, 各国TSO只需提交跨国通道的可用输电容量, 交易中心依据市场成员的报价与物理参数、电网运行状态等, 以社会福利最大化为目标进行优化出清, 同时确定了跨国输电容量的分配结果。该机制的优点在于将能量交易与输电容量交易同时优化出清, 自动为跨国能量交易匹配了相应的输电容量, 最大程度实现了输电资源的有效配置, 规避了潮流方向相悖等问题, 同时出清价格是输电容量和能量的双重市场价值体现, 为其他市场交易提供了更为准确的价格信号^[12]。目前支撑隐式拍卖的模型有基于价格耦合的ATC (available transmission capacity) 模型和基于潮流耦合的FB (flow based) 模型, 前者将各国电网简化为等值交易模型, 不考虑交流线路之间发电功率的耦合关系, 可以支持较大数量交易单元的耦合交易; 后者则是将实际的电网拓扑模型同步到市场运营机构, 相比较FB采用的是准确的网络模型和电厂运行参数, 可实现更精准的资源优化配置。

需要注意的是“隐式拍卖”的执行需要输电网的物理联接与交易耦合计算技术的支持, 若由于某些特殊原因导致部分国家脱离统一市场, 则“隐式拍卖”继续转为“显式拍卖”, 由JAO组织跨国输电容量的分配。

2.2 输电成本回收机制

跨国输电通道的建设及运行成本尚未有“标准”的输电成本回收机制。为保障各国市场主体无差别的参与耦合市场, 最大程度实现资源的优化配置, 欧洲跨国市场将输电成本回收分为两类: 一是核算输电成本, 通过容量电费的方式将成本分摊至市场主体, 跨国交易间不再收取输电费或交易输电权; 二是市场依据输电容量的分配方式回收输电成本。

2.2.1 基于输电容量分配机制的输电成本回收

在“先到先得”的输电机制中, 各国TSO按照固定价格收取相应输电成本。例如在日内耦合市场中, 市场将按照交易对成交顺序依次分配输电容量, 此时市场主体将支付相应输电费给TSO。

在“显式拍卖”的输电机制中, 各国TSO依据输电权拍卖的交易回收相应输电成本。市场主体若想与欧洲范围内其他国家进行双边或多边交易, 则需要通过“显式拍卖”购买相应通道的输电权; 若市场主体想直接参与欧洲日前耦合市场, 则无需支付输电费, 但需要承担市场不中标及阻塞价格的风险。

在“隐式拍卖”的输电机制中, 市场不设置输电

费。各国TSO输电成本的回收有两种方式：一是通过阻塞盈余回收，由于区域价格差异引起的阻塞盈余，在“隐式拍卖”中由拥有输电容量的TSO直接收取，或按照各国TSO对输电通道的占有比例收取；二是获取参与跨境交易所引起的输电损耗补偿，该补偿依据各国TSO参与跨国交易产生的额外损耗给予，属于输电成本补偿ITC（inter-tso compensation for transit）机制的一部分。

2.2.2 ITC机制

ITC机制是由欧洲跨国市场在互联TSO之间建立的跨境补偿协议，包括TSO基建成本补偿及输电损耗补偿两部分。

如图2所示，ITC机制的收入来自各国依据跨境交易电量占比缴纳的费用，以及未参与ITC协议的第三国所支付的系统输电费^[13]，用以补偿所有国家TSO输电损耗成本，以及ITC协议国的输电基建成本。

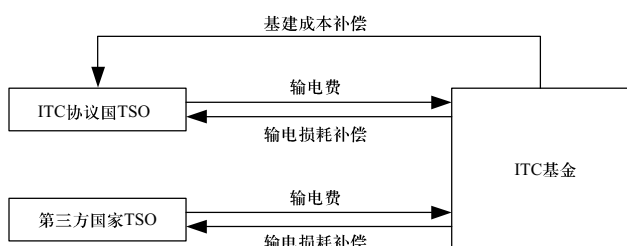


图2 ITC补偿机制的收入与支出

Fig. 2 Income and expenses of the ITC compensation mechanism

1) ITC机制的收入。

构成TSO间补偿机制的基础是ITC基金，主要来源于两个方面：一是每个ITC协议国向ITC基金缴费，缴费金额基于其跨境净交易量占有所有ITC协议国跨境净交易总量的份额计算；二是未签订ITC协议的第三方国家向ITC基金缴纳输电系统使用费，使用费基于其计划跨境交易电量计算。其中，第三方国家的输电费通常以年度双边合同确定跨境交易量，因此输电价格每年由ENTSO-E计算并批准，2019年周边国家/地区的输电价格为0.7€/MWh^[14]。

2) 基建成本补偿。

虽然ITC规定跨国输电服务的相关电网设备成本采用远期长期平均增量法（forward-looking long-run average incremental cost）来核定，但各国并没有达成共识，所以ENTSO-E暂时规定基建成本补偿金为1亿欧元。依据各国跨境交易情况对ITC协议国TSO进行分配。具体分配方式为：

$$k_i = 0.75 \times \frac{T_i}{\sum T_i} + 0.25 \times \frac{T_i^2 / (T_i + L_i)}{\sum [T_i^2 / (T_i + L_i)]} \quad (1)$$

$$C_i = k_i \times F \quad (2)$$

式中： k_i 表示*i*国的基建成本补偿费比例； T_i 表示*i*国的跨境净输电流量，由*i*国跨境进口输电量 IN_i 、出口输电量 IO_i 的最小值确定； L_i 表示*i*国的用电负荷，是指由跨国输电系统相连接的配电系统及终端用户用电负荷； F 表示年度跨境输电基础设施补偿金1亿欧元； C_i 表示*i*国的基建成本补偿费。

$$T_i = \min(IO_i, IN_i) \quad (3)$$

3) 输电损耗补偿。

ITC基金减去基建成本费用即为输电损耗补偿总费用，由输电协会TSO-E计算对比各国TSO有、无跨境交易时的系统损耗，按照各国损耗占比来分配。举例来讲，区域A向区域B购买电力 L_{BA} ，实际功率由区域B经过区域C、D到达区域A，如图3所示，此时区域C及区域D由于区域A、B之间的跨境交易，可能导致自身输电网络阻塞。对比无跨境交易的网损情况，区域C、区域D内TSO将得到相应输电损耗的补偿。

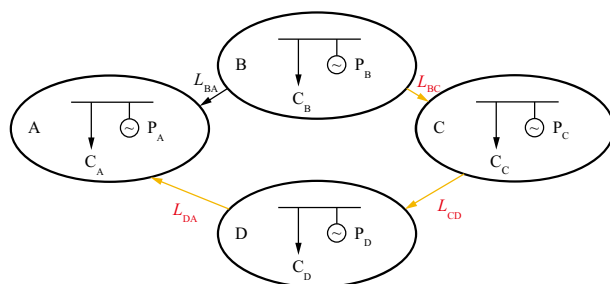


图3 跨境交易实际功率方向

Fig. 3 Actual power direction of cross-border transactions

据TSO-E发布的输电损耗核算报告，2018年ITC基金总额为2.565亿欧元，输电损耗成本为1.565亿欧元，补偿了欧洲35个国家共计3.9 TWh的输电损耗。综合各国TSO在ITC基金中支付、补偿的费用，瑞士得到的ITC补偿最多，共获得2075.2万欧元的净收益；意大利支出的补偿最多，支付了2584.9万欧元^[15]。

3 欧洲跨国市场的耦合方式

市场交易品种的设计及耦合运行是欧洲跨国电力市场实现资源有效配置的外在核心机制，其重点在于通过“隐式拍卖”实现了日前各国电力市场的集中竞价交易，并在日内通过连续交易的形式实现对各国市场供需的进一步平衡调整。考虑欧洲各国市场交易机

制不同，为不失普遍性，本文以EPEX SPOT为例，研究其负责的中西欧、英国及北欧共12个国家的市场耦合方式，包括交易时序与组织流程等方面^[16]。

3.1 日前耦合市场

欧洲日前耦合市场于运行日前一日9:30开始，汇总各国所有市场主体申报信息及跨国通道可用传输容量，以社会福利最大为优化目标进行集中竞价出清，并于当日14:00时发布各国市场主体的中标发电曲线、跨国通道容量分配情况等。市场整体的交易流程如图4所示。

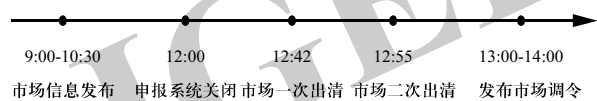


图4 日前耦合市场的交易时序
Fig. 4 Order of transactions in the day-ahead coupled market

市场申报阶段：各国所有市场主体先申报信息至本国交易中心，包括市场主体各自的发电信息、用电信息、中长期合约信息，及TSO申报的输电通道可用传输容量信息等，再由本国交易中心提交至轮值交易中心。

市场出清阶段：12:42时刻市场会发布一次出清结果，若市场出清价格超过各国市场价格阈值，此时市场就地开放10 min，在市场超过价格阈值时段允许市场主体调整申报信息；市场于12:55时刻发布二次出清结果至各国交易中心及TSO予以确认。

市场发布阶段：各国交易中心于14:00时发布日前耦合市场交易结果，包括各国市场主体发电曲线、交易价格、跨国输电容量等信息。

3.2 日内连续交易市场

目前EPEX SPOT交易所内共计7个国家参与日内连续交易市场，分别是德国、法国、奥地利、瑞士、荷兰、比利时和英国。日内连续交易市场针对各国交易体系的特点共设置了60 min连续交易、30 min连续交易及15 min连续交易三个交易产品，所有产品于运行日前一日15:00时开始，连续交易直至运行日各国市场交割前。

连续交易过程中，各国可依据自身市场需求，适时参与日内连续交易市场，具体各国参与日内连续交易的时序如表1所示。可见，瑞士、德国和英国交易产品最为全面，奥地利只有60 min连续交易，大部分

国家于15:00时参与日内连续交易市场，英国是在运行日0:00时开启日内所有交易产品的连续交易。

此外，各国日内连续交易市场的截止时间也各不相同，奥地利、比利时、德国、荷兰4个国家日内连续交易至市场交割前5 min终止；英国日内连续交易至交割前15~30 min终止；法国、瑞士日内连续交易至交割前30 min终止；所有日内连续交易中的跨境交易于交割前60 min终止交易。

表1 日内连续交易市场中的交易时序
Table 1 Order of transactions in the intraday continuous trading market

交易品种	运行日前一日			运行日
	15:00	15:30	16:00	0:00
60 min连续交易	德国 法国 瑞士 奥地利 荷兰 比利时	—	—	英国
30 min连续交易	法国	瑞士 德国	—	英国
15 min连续交易	荷兰 比利时	—	瑞士 德国	英国

3.3 耦合市场中的特殊设置

大部分欧洲国家都依据日前耦合市场及日内连续交易市场的组织流程安排本国交易，以法国为代表，在日前耦合市场申报中，会依据不同市场需求申报不同交易产品的量价信息，包括单小时报价、关联报价或互斥报价等；待市场出清后，以日前耦合市场出清结果作为运行日交易执行依据；在日内连续交易市场，依据自身交易需求适时参与到不同的日内连续交易产品中，直至交割前30 min终止。

个别国家在融入跨国耦合市场时，依然保留了本国市场交易的特殊性。例如英国在日前耦合市场结束后，单独设置了英国与爱尔兰的30 min耦合拍卖，分别于运行日前一日17:00时及运行日8:00时开始交易，并于拍卖开始30 min后发布交易结果。同时，英国本地还设置了半小时拍卖，在运行日前一日15:30开始，并于当日16:00时出清，允许部分市场主体进一步调整发电曲线，以获得更好的经济收益。英国在日前耦合市场及日内连续交易市场中不同交易产品的时序安排如图5所示，其中交割时间以运行日24:00时为例。

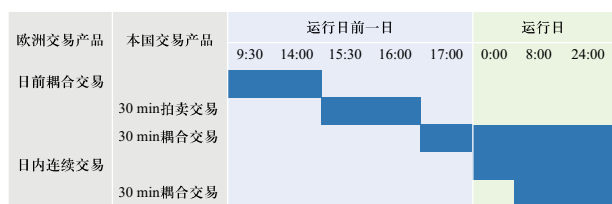


图5 英国日前及日内交易产品的交易时序

Fig. 5 Order of transactions of day ahead and intraday trading products in the UK

与英国类似，瑞士和意大利也设置了两国日内60 min耦合拍卖，分别于运行日前一日16:30拍卖及运行日11:15开展，拍卖15 min后发布拍卖结果。除上述国家外，德国为促进新能源消纳设置了15 min拍卖，该交易提前45天开放申报，于运行日前一日15:00终止申报，15:10发布交易结果，所有合约均为15 min合约。北欧设置了高峰负荷容量，用以满足高峰电力负荷，该交易在日前耦合市场中由日前耦合市场出清电价自动触发，若市场出清价格超过北欧市场的电价阈值，则启动高峰负荷容量，日前耦合市场重新出清。

4 对中国统一电力市场的启示

中国以省为行政单位，各省资源禀赋、市场建设进度不同，这样的社会和经济环境与欧洲及其一些国家的情况十分相似。借鉴欧洲跨国市场疏通跨国输电通道、兼容各国市场差异形成的耦合市场经验，对中国进一步建设国家层面的统一电力市场有如下3方面的启示。

一是统一市场运作的核心是日前耦合。欧洲跨国市场历经17年，截至目前达成市场统一运作的核心在于日前市场耦合机制的建设，通过跨国交易平台的统一优化、集中出清，实现了多个国家、更大范围的资源优化配置。借鉴欧洲市场的经验，中国建设全国统一电力市场，应重点推动跨区跨省日前交易，从局部地区起步探索基于价格耦合的多省市场耦合与一体化交易出清，实现多输电通道互联的全市场统一优化。同时，构建规范的跨区跨省中长期交易规则，明确中长期交易与跨区跨省现货交易的衔接机制；推动各省电力市场建设，明确各省融入跨区跨省交易的规范；在具备条件的地区可先行探索建立适应区域经济一体化要求的区域电力市场，实现多省在日前基于潮流耦合的市场出清。

二是规范配套的输配电价很重要。为保障输电通道投资主体的收益，促进跨国市场的可持续发展，欧

洲跨国市场设置了3种输电成本回收机制，分别是通过容量电费回收、通过输电权交易回收以及通过输电成本补偿机制回收，后两者对应于不同输电容量分配机制，依据“责权对等”原则形成了对容量分配机制的价格补充。结合中国统一电力市场的建设目标及输配电价交易现状，首先市场应结合统一电力市场交易机制建设规范、配套的输配电价，确保输电通道收益的回收和市场的可持续发展；其次针对输电网功能定位和服务对象的划分界定不清晰、区域输电价及网损率的执行范围不明确等问题，应基于“责权对等”的原则，从实际承担电网功能角度，梳理各区域输电通道的功能，划分电网功能边界并单独测算输电电价；最后以“谁受益、谁承担”原则为指导，制定输电成本及网损分摊机制，形成合理的输配电价回收体系，为统一电力市场的推进提供稳定可靠的输电经济支撑。

三是要有高效兼容的市场耦合机制。虽然欧洲各国有着不同的市场需求和交易产品，但欧洲跨国市场依然通过市场耦合机制合理保障了各国的共性和个性需求，并通过无差异的公平竞争实现了市场的高效运作。可见统一电力市场不是一味地求“同”，而是在整体市场降本增效的建设目标下，兼容各省的市场差异逐步发展。这就要求首先市场应保障公平，鼓励多样化市场主体公平、无歧视地参与跨区跨省交易与省内交易；其次，市场应针对不同交易产品的市场需求，合理设置和改善省内与跨区跨省交易之间的交易流程与耦合方式，提高交易组织效率；最后，市场应激励各省积极提升相关资质、业务能力和技术条件，为更加高效地参与统一电力市场作好准备。

5 结论

更大范围的市场竞争是优化资源配置、降低用电成本、提升市场运行效率的关键。目前中国省级电力市场的建设已经取得了初步的成果，在推动市场进一步协调优化的方向上，应尽快设计统一电力市场的交易模式和建设路径。本文针对中国推进市场统一运行面临的关键问题，对应研究了欧洲跨国市场的输电机理及市场耦合机制。通过欧洲市场运行经验的反馈，结合中国电力市场运行及电网结构现状，本文提出了统一市场运作需要从日前耦合这一核心要素出发，建设规范配套的输配电价及高效兼容的市场耦合机制的建议，为下一步电力市场的统一深化发展提供参考。

参考文献

- [1] 夏清, 陈启鑫, 谢开, 等. 中国特色、全国统一电力市场关键问题研究(2): 我国跨区跨省电力交易市场的发展途径、交易品种与政策建议[J/OL]. 电网技术: 1-8[2020-07-02]. <https://doi.org/10.13335/j.1000-3673.pst.2020.0392>.
- [2] 周滢垚, 向琛, 耿建, 等. 欧洲跨国电力市场耦合及对中国的启示[C]//中国电机工程学会电力市场专业委员会2018年学术年会暨全国电力交易机构联盟论坛论文集. 上海, 2018: 105-115.
- [3] 马莉, 范孟华. 欧盟的电力市场化改革历程[J]. 国家电网, 2014(5): 68-71.
MA Li, FAN Menghua. Development of electricity market reform in European Union[J]. State Grid, 2014(5): 68-71(in Chinese).
- [4] EPEX SPOT. PCR project main features. [EB/OL]. [2020-4-1]. <https://www.EPEX SPOT.com>.
- [5] 熊祥鸿, 马丽萍. 欧洲电力市场化改革及对我国的启示[J]. 华东电力, 2014, 42(12): 2735-2738.
XIONG Xianghong, MA Liping. Enlightenment from European electricity market reform[J]. East China Electric Power, 2014, 42(12): 2735-2738(in Chinese).
- [6] 丁一, 谢开, 庞博, 等. 中国特色、全国统一的电力市场关键问题研究(1): 国外市场启示、比对与建议[J/OL]. 电网技术: 1-10[2020-07-03]. <https://doi.org/10.13335/j.1000-3673.pst.2020.0422>.
- [7] 李竹, 庞博, 李国栋, 等. 欧洲统一电力市场建设及对中国电力市场模式的启示[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(24): 2-9.
LI Zhu, PANG Bo, LI Guodong, et al. Development of unified European electricity market and its implications for China[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(24): 2-9(in Chinese).
- [8] 陈玮, 林言泰, 丁军策, 等. 国外区域电力市场对南方区域电力市场建设的启示[J]. 南方电网技术, 2018, 12(12): 3-8.
CHEN Wei, LIN Yantai, DING Junce, et al. Enlightenment of foreign regional electricity market to the construction of southern regional power market of China[J]. Southern Power System Technology, 2018, 12(12): 3-8(in Chinese).
- [9] EPEX SPOT. XBID Launch Information Package. [EB/OL]. [2020-4-2]. https://www.EPEX SPOT.com/sites/default/files/2019-02/XBID%20launch%20information%20package_final.pdf.
- [10] ACER. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU. [EB/OL]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TEXT/?uri=CELEX:32019L0944&qid=1599552482337>.
- [11] Joint Allocation Office. Presentation. [EB/OL]. [2020-3-14]. <https://www.jao.eu/aboutus/history/overview>.
- [12] ACER. Capacity Allocation and Congestion Management. [EB/OL]. https://www.acer.europa.eu/en/Electricity/MARKET-CODES/CAPACITY-ALLOCATION-AND-CONGESTION-MANAGEMENT/Pub_Docs/120927_CACM_Network%20Code_FINAL.pdf.
- [13] ENTSO-E. European Electricity Transmission System Operators Reach Agreement on an Interim Solution for Inter-ISO Compensation. [EB/OL]. [2019/12/18]. <https://www.entsoe.eu/2009/12/18/compensation/>.
- [14] ENTSO-E. ENTSO-E Overview of Transmission Tariffs 2019. [EB/OL]. <https://www.entsoe.eu/publications/market-reports/>.
- [15] ACER. Report to the European Commission on the implementation of the ITC mechanism in 2018. [EB/OL]. https://www.acer.europa.eu/Official_documents/Acts_of_the_Agency/Publication/ITC%20Monitoring%20Report%202019.pdf.
- [16] EPEX SPOT. Trading on EPEX SPOT. [EB/OL]. [2020-4-2]. <https://www.EPEX SPOT.com/en/tradingproducts>.

收稿日期: 2020-07-27; 修回日期: 2020-08-10。



陈启鑫

作者简介:

陈启鑫(1982), 男, 副教授、博导, 研究方向为电力市场、能源互联网、电力系统运行。通信作者, E-mail: qxchen@tsinghua.edu.cn。

张维静(1987), 女, 硕士, 研究方向为电力市场, E-mail: 397927897@qq.com。

(责任编辑 张鹏)